

УДК 621.436

А.В. Тринёв, канд. техн. наук, П.Д. Гончар, асп.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТЕПЛОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГОЛОВКИ ЦИЛИНДРОВ ФОРСИРОВАННОГО АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Введение

Разработка конкурентоспособных конструкций двигателей внутреннего сгорания, которые отвечают высоким показателям по топливной экономичности, надежности, моторесурсу, требует проведение детальных расчетных и экспериментальных исследований теплонапряженного состояния (ТНС) наиболее нагруженных деталей камеры сгорания, в частности, головки цилиндров (ГЦ). При этом ответственным этапом есть рациональный выбор способа охлаждения указанных деталей. Тип охлаждения зависит от конкретной конструкции двигателя и его отдельных узлов, назначения, размерности и многого другого. Поэтому выбор рационального типа охлаждения повышает надежность работы теплонапряженного узла и всего двигателя в целом.

Формулировка проблемы

Как известно, ГЦ – одна из самых сложных в конструктивном отношении и наиболее нагруженных деталей дизеля. Она работает в условиях относительно высоких температур (до 450 °С) и химически активной среды отработанных газов при одновременном действии циклических температурных и механических напряжений, а также статических (монтажных) и остаточных (технологических) напряжений. Кроме того, возникает значительный температурный градиент в перемычке между впускным и выпускным клапаном и в перемычке между форсункой и седлами клапанов. Эксплуатация ДВС на форсированных режимах может привести к температурной деформации огневого днища и седел впускных и выпускных клапанов, что сопровождается нарушением газового стыка и разгерметизации пары седло-клапан. Отсюда становится очевидной необходимость снижения тепловой нагруженности ГЦ, а именно, уменьшение температур и температурных градиентов огневого днища.

Анализ научно-технических и патентных изданий свидетельствует, что проблемой повышения надежности ГЦ занимаются во всём мире. Существует несколько основных способов решения данной проблемы: теплозащитные барьеры, теплопроводы, технологические и конструктивные решения, локальное охлаждение (ЛО). Системы ЛО, использующие в качестве хладагента сжатый воздух, отличаются от систем масляного и водяного охлаждения большей простотой

изготовления и надёжностью, хотя и уступают по теплопроводящей способности. Простота и надёжность, а также оснащённость современных дизелей системами наддува, воздушными приводными компрессорами обусловили применение воздушных систем ЛО не только на тихоходных стационарных, судовых дизелях, но и на ряде быстроходных дизелей транспортного типа.

Проблема повышения надежности и улучшения ТНС ГЦ в нашем исследовании решается, главным образом, за счёт использования ЛВО клапанных перемычек и седла выпускного клапана. Решение указанной основной проблемы требует детального анализа влияния ЛВО на ТНС ГЦ.

Решение проблемы. Использование ЛВО клапанной перемычки

Системы ЛО малоизучены. Для математического моделирования ТНС деталей ДВС, в частности ГЦ, с использованием ЛО, необходимы экспериментальные данные. Эффективность систем ЛО, в свою очередь, зависит от рационального подбора конструктивных параметров ГЦ. Важную роль играет, при этом, конструкция охлаждаемого седла. Ранее, в работе авторов [1] анализировалось ТНС различных конструкций седел выпускных клапанов двигателя 4 ЧН 12/14 (СМД 18Н, $N_e = 73,6$ кВт, $n = 1800$ мин⁻¹). Расчёт вариантов проводился с помощью программы KROK, разработанной ИПМаш НАН Украины. Наилучшие результаты оказались у варианта седла, в котором полость для прохода воздуха выполнена концентрично со стороны поверхности, сопрягающейся с ГЦ. На рис. 1 представлен указанный вариант седла и схема его разбивки на макроэлементы, задание для него граничных условий приведено в табл. 1.

Затем в [2] было определено влияние материала с повышенным коэффициентом теплопроводности – стали 40 ХН и условий закрепления (посадки) седла в ГЦ. Результаты приведены на рисунках 2 и 3. На этих рисунках рассмотрено три различных посадки (натяг): для варианта а – 0,015 мм, для варианта б – 0,053 мм, для варианта в – 0,134 мм. Посадка по варианту а соответствует плавающему седлу, по варианту б – условиям закрепления в серийной головке цилиндров дизеля СМД 23, вариант в – опытный.

Очевидно, что величина натяга определяет в ос-

новном контактное давление в указанном сопряжении и его термическое сопротивление. При этом изменение условий сжатия поверхностей приводит к перераспределению линий теплового тока. Увеличение нагрузки с увеличением натяга снижает термическое сопротивление контакта за счёт увеличения фактической площади касания поверхностей, и, наоборот, уменьшение нагрузки повышает термическое сопротивление.

Таблица 1. Задание граничных условий

№ зоны	$\alpha, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{град}}$	$t, \text{°C}$
1	2000	690
2	750	690
3	700	60
4	1256	150
5	0	260
6	850	650
7	825	640
8	800	600
9	Варианты: 2179,4892, 7922	260
10	700	60
11	Варианты: 2179,4892, 7922	240

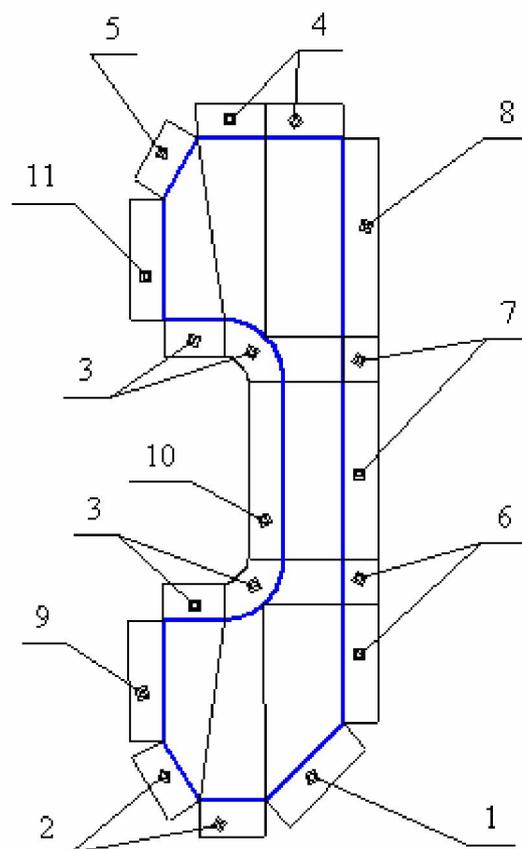


Рис. 1. Схема разбивки расчётной области на макроэлементы

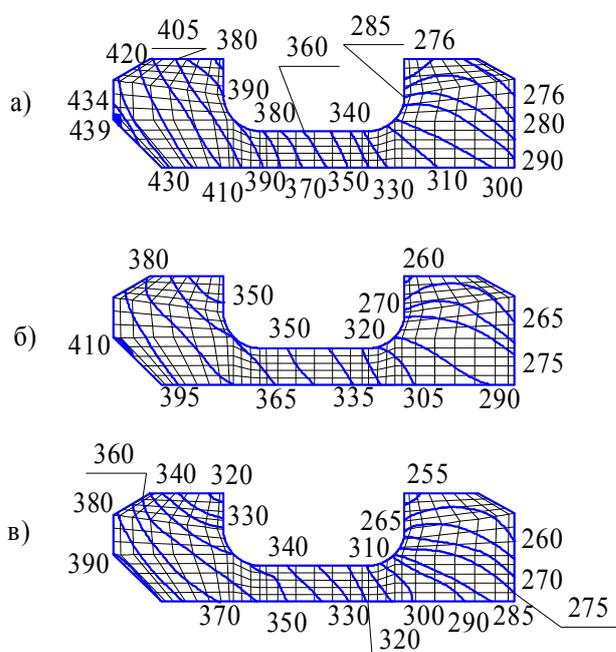


Рис. 2. Температурное поле охлаждаемого седла (материал – сплав ЭИ-69) для вариантов посадок а), б), в)

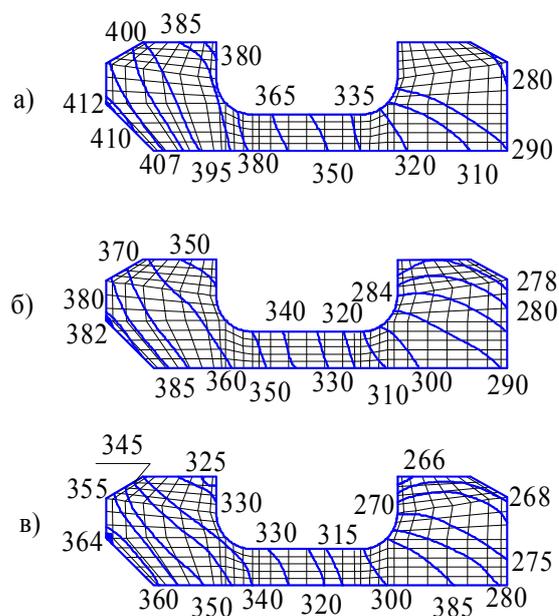


Рис. 3. Температурное поле охлаждаемого седла (материал – сталь 40ХН) для вариантов посадок а), б), в)

Для седел из стали ЭИ-69 наименьшая температура в зоне опорной фаски отмечена для варианта *в* с наибольшим натягом ($390\div 395$ °С). Использование этой же посадки в сочетании с более теплопроводным материалом седла (сталь 40ХН, рис.3) позволяет снизить температуру опорной фаски до $360\div 365$ °С.

По сравнению с неохлаждаемым серийным вариантом температура опорной фаски, таким образом, снижена на $80\div 90$ °С. Можно ожидать такого же снижения температуры и опорной фаски самого клапана, не охлаждая его при этом дополнительно, например, жидким натрием или сжатым воздухом. Автоматически должно следовать снижение температуры и межклапанной перемычки.

Напряженное состояние охлаждаемого седла определяется в основном окружными и осевыми напряжениями. Для вариантов из сплава ЭИ-69 максимальные окружные сжимающие напряжения изменяются от -190 МПа для варианта *а*, до -202 МПа для варианта *в*, а осевые напряжения соответственно от -190 до -130 МПа. Осевые растягивающие напряжения изменяются в пределах от 140 МПа (вар. *а*) до 86 МПа (вар. *в*). Варианты из стали 40ХН дают снижение уровня окружных и осевых напряжений в среднем на $20\div 30$ МПа.

Проведенное расчётное исследование позволяет оценить количественно степень влияния посадки седла в головке цилиндров на его температурное состояние, а также на возможности улучшения теплоотвода от выпускного клапана как за счёт более плотной посадки, так и за счёт использования материалов с повышенным коэффициентом теплопроводности и снижения рабочей температуры межклапанной перемычки.

По результатам анализа для нашего исследования выбрано седло из материала сталь 40ХН и посадка с натягом в 53 мкм. Выбор именно стали 40ХН основывается на том, что у неё коэффициент теплопроводности почти вдвое больше, чем у стали ЭИ-69. Конструкция экспериментального седла представлена на рис. 4, её преимущества подробно рассмотрены в [4].

Охлаждающий воздух подводится к кольцевой полости со стороны торца ГЦ, обтекает канал и выходит с противоположной стороны через три сверления в седле в выпускной тракт. Объектом исследования был выбран тракторный дизель СМД 23 (4ЧН 12/14, $N_e=125$ кВт, $n=2000$ мин⁻¹). Схема дообработки представлена на рис. 5.

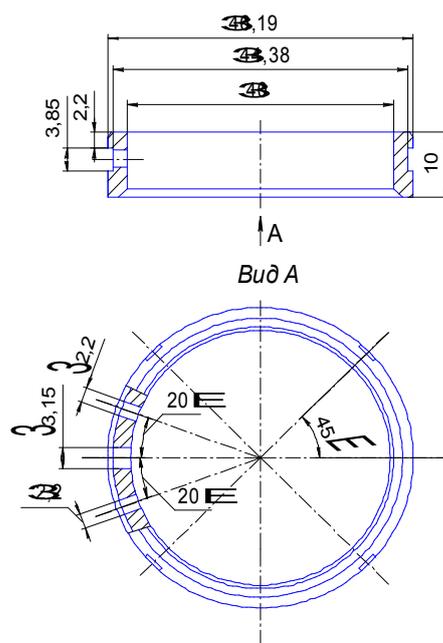


Рис. 4. Эскиз опытного седла

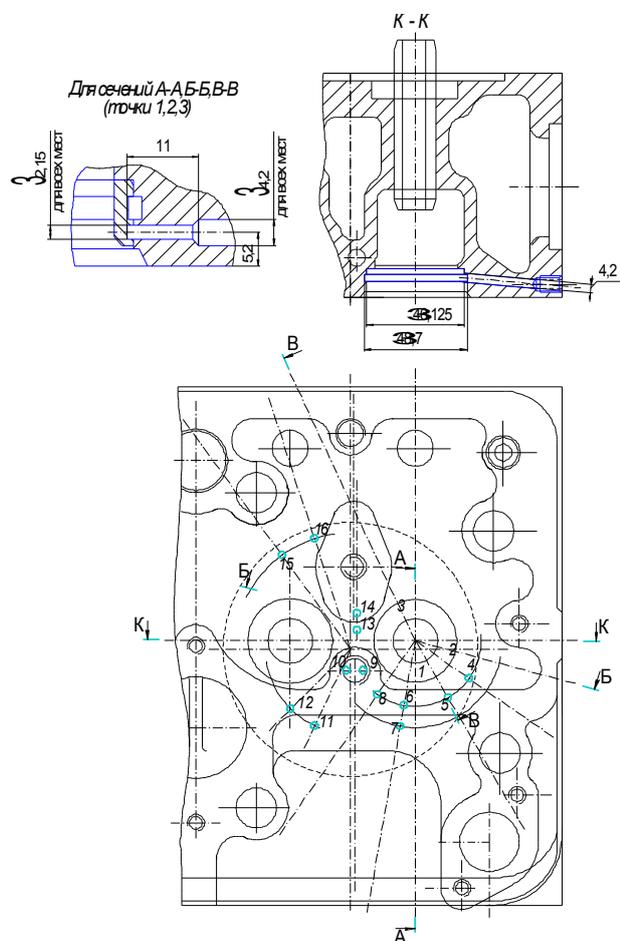


Рис. 5. Схема дообработки ГЦ под установку термонапар

Термопары установлены в ГЦ по периметру 4-го цилиндра в сверления со стороны противоположной камере сгорания в корпусах, которые уплотняются и герметизируются от воды с обеих сторон клеем К 300. Корпуса необходимы для того, чтобы изолировать провода от воды системы охлаждения. Горячий спай изолируется от корпуса с помощью термостойкого клея. Всего установлено 16 термопар из хромель-алюмеля, с толщиной провода 0,2 мм. Три из них – для измерения температуры седла выпускного клапана. Точки на седле находятся в 1 мм от ГЦ под установку термопар его наружной поверхности и равномерно разнесены по периметру. Выводы проводов термопар припаяны к регистрирующему устройству – тензометрической установке с приставкой для термометрии СИИТ-3. Установка позволяет одновременно измерять температуру до 20 точек с автоматическим их обходом и печатью результатов. Планируется проводить термометрию ГЦ на стационарных режимах при различных давлениях воздуха в системе ЛО. Важной особенностью данного эксперимента является моделирование переходных режимов сброса нагрузки с одновременной фиксацией температур по 16-ти контрольным точкам. Такая возможность обеспечивается быстродействием измерительного комплекса СИИТ-3 – 20 мс для регистрации температуры одной точки.

Можно предположить на основе проведенного анализа характера разрушений в зоне межклапанной перемычки, что именно нестационарная температурная составляющая ТНС оказывает определяющее влияние в данном случае, так как именно при переходных режимах происходят забросы температур до (20 – 30)% [4]. Указанная проблема малоизучена как практически (экспериментально), так и теоретически с использованием математического моделирования. Полученные результаты позволяют:

1) оценить достоверность результатов, полученных ранее при расчетных исследованиях различных вариантов седел, оказывающих, на наш взгляд, определяющую роль в формировании ТНС ГЦ, в зоне пе-

ремычки;

2) уточнить граничные условия для постановки нестационарной задачи ТНС днища головки;

3) определить рациональные параметры системы ЛВО, энергетические затраты на функционирование системы и оценить эффективность указанной конструкции с точки зрения улучшения ТНС ГЦ.

Заключение

Проведена подготовка эксперимента на двигателе по термометрированию ГЦ при её ЛВО. Выбрана оптимальная конструкция опытного седла выпускного клапана с полостью для подвода и отвода охлаждающего воздуха. В результате термометрирования ГЦ при ЛВО зоны седла выпускного клапана будет получено температурное поле днища ГЦ, определено влияние изменения давления воздуха в системе ЛО на ТНС клапанной перемычки и ГЦ в целом. По результатам работы будут предложены практические рекомендации по усовершенствованию выбранной конструкции седла и схемы охлаждения.

Список литературы:

1. Триньов О.В., Гончар П.Д., Самойленко Д.С. Теплонапряжений стан локально охолоджуваного сідла випускного клапана швидкохідного дизеля // *Наука і соціальні проблеми суспільства: Людина, техніка, технологія, довкілля: Матеріали Міжнар. науково-практичної конф. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2001.*
2. Триньов А.В., Гончар П.Д. Исследование теплонапряженного состояния седла выпускного клапана в зависимости от условий его закрепления и охлаждения // *Двигатели внутреннего сгорания: Всеукр. научн.-техн. журн. – 2003. – № 1–2. – С. 19–22.*
3. Марочник сталей и сплавов / Сорокин В.Г., Волосникова А.В. и др. Под ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
4. Пат. 52882 А, Україна. МПК⁷ F02F1/24, F01L3/08. Головка циліндрів швидкохідного дизеля / А.Ф. Шеховцов, О.В. Триньов, П.Д. Гончар, Д.С. Самойленко. – №8344217; Заявл. 16.07.01; Опубл. 15.01.03. – 5 с.

УДК 539.3:629.017

Ю.С. Воробьев, д-р техн. наук, В. Барнат, д-р – инж.

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ НДС В МНОГОДИСКОВЫХ СЦЕПЛЕНИЯХ И ТОРМОЗАХ ПРИ НЕПОЛНОМ КОНТАКТЕ ДИСКОВ

Введение

Обеспечение надежности работы многодисковых сцеплений и тормозов скоростного гусеничного транспорта, особенно при движении по пересеченной местности, остается весьма актуальной

проблемой. Известные исследования показывают, что при анализе процессов, происходящих в многодисковых сцеплениях и тормозах, необходимо учитывать силовые факторы (силы инерции, передаваемый крутящий момент, усилие сжатия